

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：62501

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03594

研究課題名(和文) 単年輪14C測定による較正曲線の地域効果・微細構造の解明

研究課題名(英文) Radiocarbon measurement of annual tree-ring to clarify regional effect and fine structure on calibration curve

研究代表者

坂本 稔 (Sakamoto, Minoru)

国立歴史民俗博物館・大学共同利用機関等の部局等・教授

研究者番号：60270401

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,900,000円

研究成果の概要(和文)：酸素同位体比年輪年代法などで年代の判明した日本産および韓半島産の樹木年輪を用い、年輪1層ずつの14C測定を実施した。日本産樹木年輪は全体的に欧米産よりも古い炭素14年代を示す傾向にあるが、弥生開始期にかかる九州産樹木は較正曲線IntCalに対して蛇行し、年代較正に影響する可能性がある。紀元前後の較正曲線は日本産樹木年輪データの採用を受けてIntCal20に改訂されたが、韓半島南岸の樹木年輪はそれと合わない。日本産樹木年輪の炭素14年代の示す挙動はむしろ特異的な地域効果である可能性が示された。5年輪を1資料として進めてきた既報値と合わせ、日本産樹木年輪のデータが過去3,000年分に蓄積された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

炭素14年代法に不可欠な較正曲線の整備に日本産樹木年輪のデータが採用され、より確からしい年代測定が可能になった。ただし多くは5年輪を1試料とした測定で分解能が低い。海外では年輪1層ずつの測定が主流となりつつあり、本研究でその流れに追随するに十分な成果が得られた。較正曲線の地域効果についても認識されるようになり、学会では今後日本をはじめとする東アジア産の樹木年輪の採用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：We conducted annual 14C dating of tree rings from Japan and the Korean Peninsula, which had been dated by dendrochronology including oxygen isotope methods. Japanese tree rings tend to show older 14C dates than those from Europe and the U.S., but trees from Kyushu during the beginning of the Yayoi period have a meandering calibration curve relative to IntCal, which may affect the age calibration. The calibration curve for the 1st to 3rd century was revised to IntCal20 following the adoption of the Japanese tree-ring data, but the tree rings from the southern coast of the Korean peninsula do not match the IntCal20 curve. The 14C age behavior of Japanese tree rings may be a rather peculiar regional effect. Together with the previously reported results, which have been developed using five tree rings as a single source, 14C ages of Japanese tree rings have been accumulated for the past 3,000 years.

研究分野：文化財科学

キーワード：炭素14年代法 較正年代 地域効果 微細構造 年輪年代法

1. 研究開始当初の背景

放射性年代法における「校正曲線」は、測定値である炭素 **14** 年代、すなわち ^{14}C 濃度を暦上の数値年代に修正するために欠かせないものである。そのデータには年代の判明した資料の炭素 **14** 年代が用いられるが、樹木年輪に関してはこれまで年輪年代法の先進地である欧米産の樹木が中心であった。**2013** 年に改訂された校正曲線 **IntCal13** には、欧米産樹木年輪に接続する福井県水月湖湖底の年縞堆積物のデータが採用されたものの、日本を含むアジア地域の樹木年輪データの採用はなかった。

2010 年代、日本産樹木年輪に基づく大きな研究成果が相次いで報告された。一つは年輪セルロースの酸素同位体比を用いた新しい年輪年代法の実用化で、これにより樹木の種を問わない年輪年代が高い可能性で判定できるようになった。もう一つは **Miyake Event** とも呼ばれる、西暦 **774~775** 年の屋久スギ年輪に検出された ^{14}C 濃度の急激な上昇である。太陽表面の大爆発によるとされるこの挙動は同年の世界各地の樹木年輪で確認され、その検証や同様な挙動の検出を目的とした、年輪 **1** 層ずつの炭素 **14** 年代測定が進展するきっかけとなった。

加速器質量分析法による炭素 **14** 年代測定 (**AMS- ^{14}C** 法) の普及に伴い、高精度の炭素 **14** 年代が効率的に測定されるようになった。その過程で、従来の校正曲線では判然としなかった炭素 **14** 年代の微細な挙動や、地域による ^{14}C 濃度の違いなどが次第に明らかになってきた。そのため、各地の樹木年輪の炭素 **14** 年代測定の、より一層の充実が求められていた。

2. 研究の目的

日本産樹木年輪の示す炭素 **14** 年代が欧米産樹木年輪のデータ、すなわち **IntCal** からずれている可能性は従来より指摘され、なかでも紀元前後の時期は顕著な乖離を見せている。また校正曲線は元データを統計処理で平滑化して、本来の微細な構造が失われている可能性がある。

本研究では日本産樹木年輪の炭素 **14** 年代を **1** 層ずつ、単年輪で測定し、主に欧米の高緯度地域に産する樹木年輪に基づく **IntCal** 校正曲線と比較しながら、中緯度地域にある日本列島周辺の大気中 ^{14}C 濃度の年変動の解明を目的とする。究極的には、校正曲線 **IntCal** の改訂に本研究の成果を反映させ、より分解能の高い、実用的なものとするを旨とする。

3. 研究の方法

酸素同位体比年輪年代法などで年代の判明した樹木について、漂白しセルロース化した年輪 **1** 層ずつの炭素 **14** 年代測定を実施する。年輪年代の測定は分担者(箱崎、木村)及び協力者(中塚：名古屋大学)が行う。炭素 **14** 年代測定のための漂白処理は酸素同位体比年輪年代法のそれと共通し、代表者(坂本)と箱崎が行う。炭素 **14** 年代測定は東京大学(尾崎、米田：協力者)、山形大学(門叶：協力者)などの **AMS** 装置で実施する。資料収集ならびに結果の解釈は分担者(中尾、三宅)を含む組織全体で行う。測定結果は国内外で定期的開催される学会で報告し、校正曲線 **IntCal** の整備に関わる研究チーム (**IntCal Working Group**) への提案を行う。

なお当初、対象は過去 **2,000** 年間の日本産樹木としていたが、最終的には不連続ではあるものの過去 **3,000** 年間の日本産および韓半島南岸産の樹木年輪の測定を実施した。

4. 研究成果

2020 年 **8** 月、新しい校正曲線となる **IntCal20** が公開された。樹木年輪データに関しては **220** 資料が検討され、日本産樹木も **10** 資料が採用された。その結果、懸案となっていた紀元前後の校正曲線の形状が日本産樹木年輪の炭素 **14** 年代に沿ったものに改訂された。

しかしながら、**IntCal20** に採用された日本産樹木年輪の炭素 **14** 年代は、本研究以前に **5** 年輪を **1** 試料として測定されたものである。その意味では本研究の「成果」と呼べるものではないが、日本産樹木年輪の存在が認知され、その炭素 **14** 年代が欧米産樹木のそれと異なっている可能性が示されたことの意義は大きい。以下、**IntCal20** (実線)と比較して示す(破線は **IntCal13**)。

(1) 鹿屋市白水 B 遺跡出土センダン：1053-921BC

(公財)鹿児島県文化振興財団埋蔵文化財調査センターの提供。**2014** 年の調査の際は前 **10** 世紀の校正年代を与えていた。セルロース抽出後、酸素同位体比年輪年代法で年代を確定し、東京大学で単年輪の **AMS- ^{14}C** 法を実施。弥生開始期にかかる、年輪年代の判明した九州地域の樹木年輪初の測定例となる。**1000BC** 前後の炭素 **14** 年代は **IntCal20** の上位、それ以降は下位に位置する(図 **1**)。

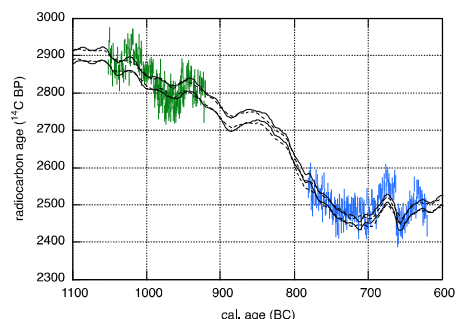


図 1 白水 B 遺跡出土センダン(緑)と甲賀市埋没ヒノキ(青)の炭素 **14** 年代

(2) 甲賀市埋没ヒノキ：782-622BC

奈良文化財研究所（奈文研）の光谷拓実氏の提供。信楽町の採石場で出土し、同氏の年輪年代法により年代が確定。セルロース抽出後、東京大学で単年輪の AMS-¹⁴C 法を実施。700BC 前後の炭素 14 年代は系統的に IntCal20 の上方にあるが、前 7 世紀半ばに急落する。既に 660BC 前後の Miyake Event に類する宇宙線イベントが指摘され、本資料では 663BC である（図 1）。

(3) 仙台中在家南遺跡出土ケヤキ：41BC-AD130

遺跡調査に携わった(株)パスコ文化財センター 仙台整理事務所の提供。試験的な炭素 14 年代測定により 2 世紀前後の較正年代を与えていた。セルロース抽出後、酸素同位体比年輪年代法で年代を確定し、東京大学で単年輪（隔年）の AMS-¹⁴C 法を実施。日本産樹木年輪データの採用に伴う較正曲線の改訂にかかる時期で、IntCal20 に沿っている（図 2）。

(4) 釜山広域市古村里出土ノグルミ材：AD81-168, AD131-211

韓国・東亜細亜文化財研究院による調査で出土した柱根。韓国での酸素同位体比年輪年代法は未整備だが、日本産樹木年輪との同調が確認され年輪年代が確定。セルロース抽出後、韓国・韓国地質資源研究院で単年輪の AMS-¹⁴C 法を実施。当該期の韓国産樹木初の年輪年代が付与された例だが、炭素 14 年代は日本産樹木年輪データの反映された IntCal20 とは合致せず、従前の IntCal13 との中位にある（図 2）。

(5) 伊那山中ヒノキ：AD798-970

奈文研の光谷氏の提供。同氏の年輪年代法により年代が確定。セルロース抽出後、山形大学で単年輪（隔年）の AMS-¹⁴C 法を実施。Miyake Event の発見に伴い 8 世紀、AD1000 前後の樹木年輪測定が世界的に進捗したが、IntCal20 には 9 世紀台の単年輪 ¹⁴C 測定が採用されていない。全体的に IntCal20 の上位にある（図 3）。

(6) 津市専修寺ヒノキ材：AD1144-1436

2007 年に完了した保存修理工事の際に交換された同寺御影堂の柱の根次材。光谷氏の年輪年代法により年代が確定。セルロース抽出後、山形大学で単年輪（隔年）の AMS-¹⁴C 法を実施。全体的には、IntCal20 のやや上位にある（図 4）。

(7) 姫路市圓教寺ケヤキ材：AD1428-1467

2015 年に報告された同寺奥之院護法堂の保存修理工事の際に析出した、柱材を転用した桔木枕。酸素同位体比年輪年代法で年代が確定し、5 年輪を 1 試料とした AMS-¹⁴C 法の再測定。セルロース抽出後、山形大学で単年輪の測定を実施。(6) と接続した（図 5）。

(8) 坂井市丸岡城ケヤキ材：AD1462-1553

2019 年に報告された丸岡城天守学術調査の際に提供された保存古材。天守の二・三層を貫く通し柱で、築城年代を示すことが期待された。セルロース抽出後、酸素同位体比年輪年代法で年代を確定し、山形大学で単年輪の AMS-¹⁴C 法を実施。(7) と接続。なお、本材の最外年輪は 1626 年で、同天守は寛永期以降の築城が示唆される（図 5）。

(9) 伊勢神宮神域スギ：AD1519-1801

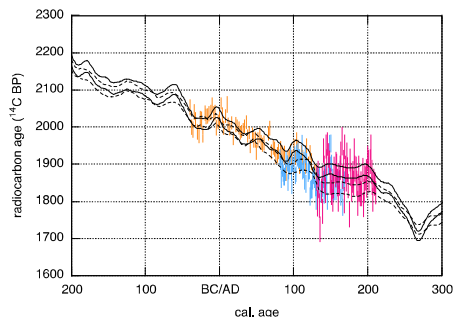


図 2 中在家南遺跡出土ケヤキ（橙）と古村里出土ノグルミ（青・赤）の炭素 14 年代

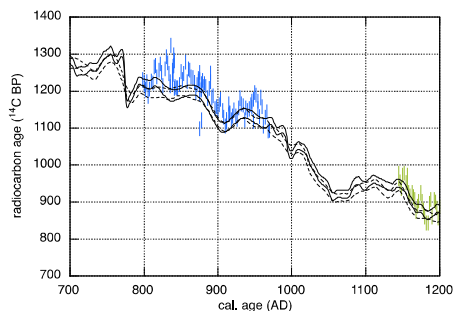


図 3 伊那山中ヒノキ（青）の炭素 14 年代

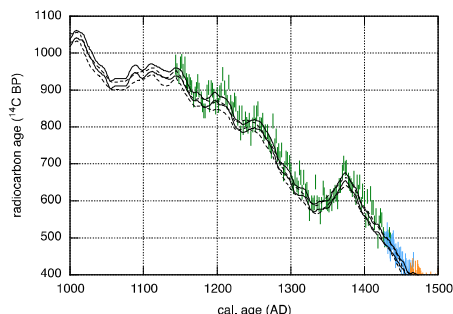


図 4 専修寺ヒノキ材（緑）の炭素 14 年代

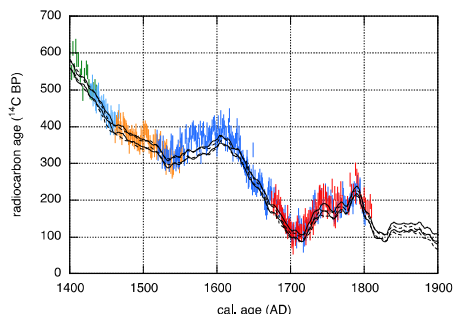


図 5 圓教寺ケヤキ材（水色）、丸岡城ケヤキ材（橙）、伊勢神宮神域スギ（青）、青葉神社ヒノキ材（赤）の炭素 14 年代

2009年の台風18号で倒壊したスギ。酸素同位体比年輪年代法で年代が確定し、5年輪を1試料としたAMS-14C法の再測定。セルロース抽出後、山形大学で単年輪のAMS-14C測定を実施。(8)と接続。なお、5年輪のデータはIntCal20に採用されず、次期IntCalへの採用を目指す(図5)。

(10) さいたま市青葉神社ヒノキ材：AD1675-1810

同神社三重塔のヒノキ材。光谷氏の年輪年代法により年代が確定。セルロース抽出後、山形大学で単年輪のAMS-14C測定を実施。(9)と合わせ、16世紀から18世紀の単年輪測定を網羅(図5)。

本研究により、前11～10世紀、前8～7世紀、1～2世紀、12～18世紀の日本産樹木の単年輪炭素14年代が蓄積された。これまでの研究と合わせ、前11世紀から現代までの日本産樹木年輪の連続的なデータが得られたことになる。

単年輪炭素14年代測定により、較正曲線のより詳細な挙動が明らかになりつつある。樹木年輪の複数箇所での炭素14年代を較正曲線の形状に合わせる「炭素14-ウィグルマッチ法」では既存の較正曲線と必ずしも合致しないことがあり、その改善につながることを期待できる。

日本産樹木年輪の多くは較正曲線IntCal20の挙動に沿っているが、やや上位にある傾向も見られる。地域による炭素14濃度の違いを明らかにすることは、より確からしい年代研究を可能にするだろう。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Miyake F., Panyushkina I. P., Jull A. J. T., Adolphi F., Brehm N., Helama S., Kanzawa K., Moriya T., Muscheler R., Nicolussi K., Oinonen M., Salzer M., Takeyama M., Tokanai F., Wacker L.	4. 巻 48
2. 論文標題 A Single Year Cosmic Ray Event at 5410 BCE Registered in 14C of Tree Rings	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2021GL093419	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Reimer, P., Austin, W., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P., Bronk Ramsey, C., . . . Talamo, S.	4. 巻 62
2. 論文標題 The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0755 cal kBP)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Radiocarbon	6. 最初と最後の頁 725 ~ 757
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1017/RDC.2020.41	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Sakurai Hirohisa, Tokanai Fuyuki, Miyake Fusa, Horiuchi Kazuho, Masuda Kimiaki, Miyahara Hiroko, Ohyama Motonari, Sakamoto Minoru, Mitsutani Takumi, Moriya Toru	4. 巻 10
2. 論文標題 Prolonged production of 14C during the ~660 BCE solar proton event from Japanese tree rings	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-019-57273-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 3件/うち国際学会 6件）

1. 発表者名 坂本稔, 箱崎真隆, 横山操, 門叶冬樹, 光谷拓実
2. 発表標題 日本産樹木年輪の単年輪14C測定 - AD1158 ~ 1436
3. 学会等名 日本文化財科学会第37回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 坂本稔
2. 発表標題 IntCal20較正曲線改訂のポイント
3. 学会等名 日本文化財科学会第37回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Minoru Sakamoto, Masataka Hakozaiki, Hiromasa Ozaki, Fuyuki Tokanai, Takeshi Nakatsuka
2. 発表標題 Annual Radiocarbon Dating of Japanese Tree Rings: Early-modern and Ancient.
3. 学会等名 Radiocarbon and Archaeology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂本稔, 箱崎真隆, 光谷拓実, 中塚武
2. 発表標題 日本産樹木年輪の炭素14年代測定 - 年代研究と日本版較正曲線
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂本稔, 門叶冬樹, 箱崎真隆, 中尾七重
2. 発表標題 丸岡城天守の年代調査 - 3. 単年輪14C測定による較正曲線
3. 学会等名 日本文化財科学会第36回大会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂本稔
2. 発表標題 炭素14年代法と較正年代
3. 学会等名 第56回アイソトープ・放射線研究発表会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Minoru Sakamoto
2. 発表標題 REKIHAKU wood member collection of historical buildings - architectural and scientific approach.
3. 学会等名 ICOM KYOTO 2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂本稔
2. 発表標題 炭素14年代法による年代測定 - 日本版較正曲線の未来 -
3. 学会等名 日本活断層学会2019年度秋季学術大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂本稔
2. 発表標題 樹木年輪のAMS-炭素14年代測定から観るアンソロポシオン
3. 学会等名 日本質量分析学会・日本プロテオーム学会2018年合同大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 SAKAMOTO Minoru, YOKOYAMA Misao, NAKATSUKA Takeshi, MITSUTANI Takumi
2. 発表標題 Radiocarbon measurement of remained wood members of Byodo-in Temple: from 10c to 12c CE (and buried wood of central Japan, 4-7c CE).
3. 学会等名 The 23rd International Radiocarbon Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坂本稔・中尾七重・箱崎真隆・門叶冬樹
2. 発表標題 近世日本産樹木年輪の単年輪炭素14年代測定
3. 学会等名 日本文化財科学会第35回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 SAKAMOTO Minoru, HAKOZAKI Masataka, OZAKI Hiromasa, TOKANAI Fuyuki, NAKATSUKA Takeshi
2. 発表標題 Annual Radiocarbon Dating of Japanese Tree Rings: Early-modern and Ancient
3. 学会等名 Radiocarbon and Archaeology, 9th International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂本稔・箱崎真隆・光谷拓実・中塚武
2. 発表標題 日本産樹木年輪の炭素14年代測定 - 年代研究と日本版較正曲線
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂本稔・箱崎真隆・門叶冬樹・中尾七重
2. 発表標題 丸岡城天守の年代調査 - 3. 単年輪14C測定による較正曲線
3. 学会等名 日本文化財科学会第36回大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 坂本 稔、横山 操	4. 発行年 2021年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 164
3. 書名 樹木・木材と年代研究	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	尾崎 大真 (Ozaki Hiromasa) (20399265)	東京大学・総合研究博物館・特任研究員 (12601)	
研究分担者	箱崎 真隆 (Hakozaki Masataka) (30634414)	国立歴史民俗博物館・大学共同利用機関等の部局等・研究員 (62501)	
研究分担者	木村 勝彦 (Kimura Katsuhiko) (70292448)	福島大学・共生システム理工学類・教授 (11601)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	中尾 七重 (Nakao Nanae) (90409368)	山形大学・理学部・研究員 (11501)	
研究分担者	三宅 芙沙 (Miyake Fusa) (90738569)	名古屋大学・宇宙地球環境研究所・准教授 (13901)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	中塚 武 (Nakatsuka Takeshi) (60242880)	名古屋大学・環境学研究所・教授 (13901)	
研究協力者	門叶 冬樹 (Tokanai Fuyuki) (80323161)	山形大学・理学部・教授 (11501)	
研究協力者	米田 穰 (Yoneda Minoru) (30280712)	東京大学・総合研究博物館・教授 (12601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関